

EFEITO DA DEFICIÊNCIA HÍDRICA NO METABOLISMO DE CARBONO DE CAFEEIROS SUBMETIDOS À VARIAÇÃO DA DISPONIBILIDADE DE FÓSFORO

CÍNTIA P. **MACIEL**¹; LEANDRO **SILVA**²; KARINA I. **SILVA**³; RAFAEL V. **RIBEIRO**⁴;
EDUARDO C. **MACHADO**⁵

Nº 10107

RESUMO

A deficiência hídrica e a baixa disponibilidade de fósforo são alguns dos mais importantes fatores limitantes ao crescimento de plantas em regiões tropicais. Este trabalho objetivou testar a hipótese de que a alta disponibilidade de P amenizará os efeitos negativos da deficiência hídrica no metabolismo fotossintético de cafeeiros. Mudanças de cafeeiro arábica foram crescidas em casa-de-vegetação e submetidas a disponibilidade recomendada e a alta disponibilidade de fósforo (P+, duas vezes a recomendada). Estas plantas foram separadas em dois grupos: um com plantas mantidas a 80% da capacidade de campo do solo e o outro com suspensão da rega por 35 dias. Avaliações de partição de fósforo, atividade da fosfatase ácida, variáveis fisiológicas e do crescimento das plantas foram realizadas após 32 dias de suspensão da rega e após a reidratação. A alta disponibilidade de P amenizou os efeitos negativos da deficiência hídrica no metabolismo de cafeeiros, mantendo níveis elevados de P inorgânico e orgânico nos tecidos foliares e melhor desempenho fotossintético (melhor atividade fotoquímica e bioquímica). Embora a redução no crescimento devido à seca tenha sido similar com a variação da disponibilidade de P, as plantas P+ crescem mais independente da disponibilidade de água.

ABSTRACT

Water deficit and low phosphorus availability are important environmental constraints to plant growth in tropical areas. This work aimed to test the hypothesis that high phosphorus availability alleviates the deleterious effects of water deficit on photosynthetic metabolism of coffee plants. Seedlings of Arabica coffee were grown under greenhouse conditions and subjected to the recommended phosphorus

¹ Bolsista CNPq: Graduação em Ciências Biológicas, PUCC, Campinas-SP, ✉cintiapiinheiro@gmail.com

² Colaborador: Engenheiro Agrônomo, PPG/IAC, Campinas-SP

³ Colaboradora: Graduação em Ciências Biológicas, PUCC, Campinas-SP

⁴ Orientador: Pesquisador, CEB/IAC, Campinas-SP

⁵ Colaborador: Pesquisador, CEB/IAC, Campinas-SP

fertilization and also to higher phosphorus availability (P+, two times higher than the recommended amount). These plants were separated in two groups: one with plants maintained under 80% of soil field capacity and another one to water withholding for 35 days. Evaluations of phosphorus partitioning, acid phosphatase activity, physiological variables and plant growth were taken after 32 days of water withholding and after plant rehydration. The high phosphorus availability alleviated the deleterious effects of water deficit on plant metabolism, maintaining high levels of both inorganic and organic phosphorus in coffee leaves and leading to better photosynthetic performance (high photochemical and biochemical activities). Although plants of both phosphorus treatments have shown similar reduction in plant growth due to drought, plants P+ showed higher growth, regardless water availability.

INTRODUÇÃO

O déficit hídrico é a limitação ambiental que mais afeta a produção e o crescimento dos cafeeiros (PINHEIRO *et al.*, 2005), sendo um fenômeno de ocorrência em grandes extensões de áreas cultivadas. Segundo YORDANOV *et al.* (2000), o estresse hídrico afeta uma variedade de processos bioquímicos e fisiológicos, tais como a fotossíntese, a dinâmica de carboidratos em tecidos foliares e o crescimento das plantas. O déficit hídrico tem ainda o potencial de reduzir a disponibilidade de fósforo (P) para as plantas, sendo essa mais uma causa da redução da fotossíntese de espécies cultivadas (SANTOS *et al.*, 2006).

Desde que a deficiência hídrica e a baixa disponibilidade de P são importantes limitantes do crescimento de plantas em regiões tropicais, este trabalho objetivou testar a hipótese de que a alta disponibilidade de P amenizará os efeitos negativos da deficiência hídrica no metabolismo fotossintético de cafeeiros.

MATERIAIS E MÉTODOS

Mudas de cafeeiro arábica (*Coffea arabica* L. cv. Catuaí) foram plantadas em potes plásticos (15 L) e crescidas em casa-de-vegetação. As plantas foram submetidas a baixa disponibilidade de P (P-, com a quantidade natural de P no solo); disponibilidade recomendada (PA); e alta disponibilidade (P+, quantidade de P duas vezes maior do que em PA). Quando os cafeeiros P- começaram a exibir sintomas de deficiência nutricional, o experimento com suspensão da rega foi iniciado com as plantas PA e P+. Estas plantas foram separadas em dois grupos: um com plantas mantidas a 80% da capacidade de campo (CC) e o outro com suspensão da rega (SR) por 35 dias.

Após 32 dias de tratamento hídrico, medidas de assimilação de CO₂ (P_N), condutância estomática (g_s), eficiência instantânea de carboxilação (P_N/C_i) e transporte aparente de elétrons (ETR) foram realizadas com um medidor portátil de trocas gasosas (LI-6400, Licor, EUA) acoplado a um fluorômetro modulado (6400-40, Licor, EUA). As medidas foram realizadas as 900 h, sob radiação fotossinteticamente ativa de ~ 800 µmol m⁻² s⁻¹, temperatura do ar de 32 °C e diferença de pressão de vapor entre folha e ar de 1,9 kPa. Medidas de potencial da água na folha (Ψ_w) as 500 h também foram realizadas utilizando-se uma câmara de pressão (modelo 3005, SoilMoisture, EUA).

Após 24 h da reidratação das plantas, analisou-se a partição de P foliar (P total, P_t; P orgânico, P_o; e P inorgânico, P_i) conforme CLOSE & BEADLE (2004), sendo a atividade da fosfatase ácida *in vivo* avaliada segundo o procedimento descrito por BESFORD (1980). Nessa ocasião, a matéria seca total (MST) das plantas foi determinada após a secagem das plantas em estufa de circulação forçada de ar.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema fatorial (tratamento com P e disponibilidade hídrica). Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias (n=3 a 6) comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O potencial da água na folha (Ψ_w) decresceu significativamente nas plantas sob suspensão da rega em ambos os tratamentos de P, atingindo valores médios de - 3,0 MPa após 32 dias sob déficit hídrico (Tabela 1). Como consequência, a deficiência hídrica reduziu a abertura estomática (g_s), porém sem efeito diferencial devido ao tratamento com P (Tabela 1). O menor g_s tem o potencial de limitar a disponibilidade de substrato para a fotossíntese e assim as plantas apresentaram redução na fotossíntese (P_N) devido à suspensão da rega (Tabela 1). Todavia, as plantas P+ apresentaram maior P_N do que as plantas PA independente da condição hídrica, o que parecer estar relacionado ao melhor desempenho bioquímico, i.e., melhor eficiência de carboxilação (P_N/C_i). O desempenho fotoquímico também foi melhorado pelo suprimento adicional de P, com as plantas P+ sob déficit hídrico apresentando maior ETR do que as plantas PA (Tabela 1). Logo, houve efeito benéfico do tratamento P+ nos processos fotossintéticos de natureza não estomática.

As plantas PA submetidas à seca apresentaram redução significativa no conteúdo de clorofila, com as plantas P+ apresentando maior conteúdo deste pigmento independente da condição hídrica (Tabela 1). Os maiores conteúdos de

clorofila nas plantas P+ também estão relacionados à maior atividade fotoquímica (maior ETR).

A análise da partição de P das plantas revelou alterações significativas nos tecidos foliares (Figura 1). O déficit hídrico no tratamento PA reduziu em 24% o teor Pt e 31% o teor de Pi nas folhas (Figura 1a,b). O mesmo foi observado no tratamento P+, porém em menor escala com redução de 12% em Pt e 20% em Pi (Figura 1a,b). Em relação ao Po frente ao déficit hídrico, houve aumento de 20% no tratamento PA e de 55% no tratamento P+ (Figura 1c). Esse padrão se deve a maior atividade da enzima fosfatase ácida que atua em situações de limitação no suprimento de Pi com a remoção de P de moléculas fosforiladas. De fato, os maiores valores absolutos da atividade desta enzima foram observados nos tratamentos com menor disponibilidade de P, i.e., plantas PA (Figura 1d). O contrário pode ser dito para as plantas P+, com os menores valores sendo observados nas plantas P+ sob boa disponibilidade hídrica. No entanto, a maior atividade da fosfatase foi insuficiente para elevar o nível de Pi nas plantas, em especial no tratamento PA (Figura 1). Como as plantas P+ apresentaram atenuação dos efeitos deletérios da seca em P_N, pode-se considerar que tal resposta foi ocasionada pelos maiores níveis de P foliar (Tabela 1; Figura 1).

TABELA 1- Valores de potencial da água na folha (Ψ_w), assimilação de CO₂ (P_N), condutância estomática (g_s), eficiência instantânea de carboxilação (P_N/C_i), transporte aparente de elétrons (ETR), teor foliar de clorofila total (Chl total) e matéria seca total (MST) de cafeeiros jovens crescidos em solos com disponibilidade variada de fósforo [fósforo recomendado (PA) e duas vezes o fósforo recomendado (P+)] em condição de boa disponibilidade hídrica (80% da capacidade de campo) ou sob déficit hídrico pela suspensão da rega (SR) por 32 dias.

Variáveis	Tratamentos			
	PA		P+	
	SR	80%	SR	80%
Ψ_w (MPa)	-2,91 ± 0,17	-0,13 ± 0,04	-3,14 ± 0,25	-0,11 ± 0,03
P _N (μmol m ⁻² s ⁻¹)	0,91 ± 0,08	5,62 ± 0,19	1,90 ± 0,16	6,72 ± 0,17
g _s (mol m ⁻² s ⁻¹)	0,011 ± 0,001	0,060 ± 0,005	0,013 ± 0,001	0,066 ± 0,003
P _N /C _i (μmol m ⁻² s ⁻¹ Pa ⁻¹)	0,06 ± 0,04	0,26 ± 0,01	0,13 ± 0,03	0,35 ± 0,04
ETR (μmol m ⁻² s ⁻¹)	21,5 ± 2,1	53,0 ± 8,2	39,1 ± 3,9	64,3 ± 3,0
Chl total (μg cm ⁻²)	60,0 ± 0,2	63,2 ± 1,0	75,1 ± 1,2	72,0 ± 0,8
MST (g)	7,5 ± 0,4	10,7 ± 0,2	13,0 ± 0,5	19,1 ± 0,8

Se considerada a matéria seca total das plantas (MST), nota-se que esta foi alterada de forma similar devido ao déficit hídrico (Tabela 1). Todavia, houve maior crescimento das plantas em função da maior dose de P, o que evidencia o efeito

positivo desse nutriente nos cafeeiros e está de acordo com a maior atividade fotossintética das plantas P+ (Tabela 1).

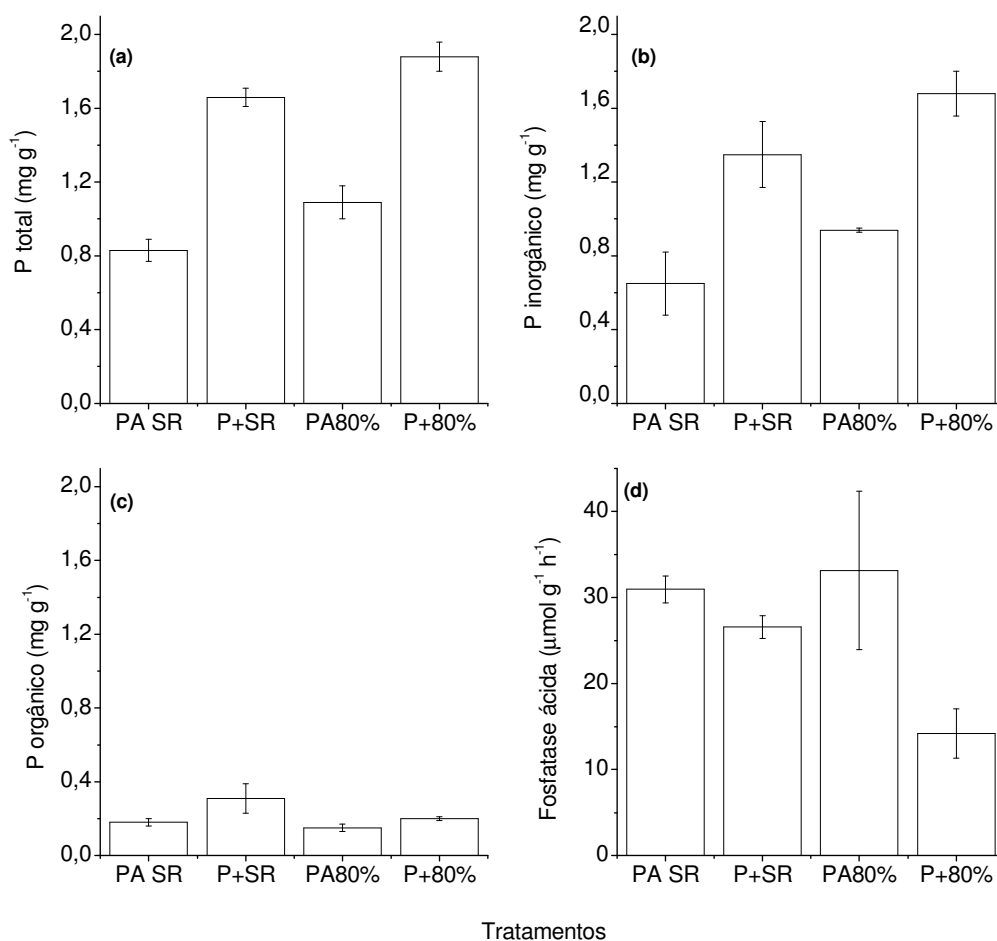


FIGURA 1 – Conteúdo foliar de fósforo total (a), fósforo inorgânico (b), fósforo orgânico (c) e atividade da enzima fosfatase ácida (d) em mudas de cafeeiros em condições semicontroladas, mantidas sem rega (SR) ou a 80% da capacidade de campo e supridas com a quantidade recomendada de P (PA) ou com o dobro do recomendado (P+). As amostragens foram realizadas 35 dias após o início do experimento, em plantas reidratadas. Cada histograma indica o valor médio (n=3) \pm desvio padrão.

CONCLUSÃO

A alta disponibilidade de P amenizou os efeitos negativos da deficiência hídrica no metabolismo de cafeeiros, mantendo níveis elevados de P nos tecidos foliares e melhor desempenho fotossintético (melhor atividade fotoquímica e bioquímica). Embora a redução no crescimento devido à seca tenha sido similar com a variação da disponibilidade de P, as plantas P+ crescem mais independente da disponibilidade de água.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelas bolsas de iniciação científica (C.P.M.) e de produtividade científica (R.V.R., E.C.M.) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) pelo financiamento dessa pesquisa, pela bolsa de mestrado concedida a L. S. e pela bolsa de treinamento técnico concedida a K. I. S.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BESFORD, R.T. A rapid tissue test for diagnosing phosphorus deficiency in the tomato plant. **Annals of Botany**, v.45, p.225-227, 1980.

CLOSE, D.C.; BEADLE, L.C. Total, and chemical fractions, of nitrogen and phosphorus in Eucalyptus seedling leaves: Effects of species, nurseley fertiliser management and transplanting. **Plant and Soil**, v.259, p.85-95, 2004.

PINHEIRO, H.A.; DAMATTA, F.M.; CHAVES, A.R.M.; LOUREIRO, M.E.; DUCATTI, C. Drought tolerance is associated with rooting depth and stomatal control of water use in clones of *Coffea canephora*. **Annals of Botany**, v.96, p. 101-108, 2005.

SANTOS, M.G.; RIBEIRO, R.V.; OLIVEIRA, R.F.; MACHADO, E.C.; PIMENTEL, C. The role of inorganic phosphate on photosynthesis recovery of common bean after a mild water deficit. **Plant Science**, v.170, p.659-664, 2006.

YORDANOV, I.; VELIKOVA, V.; TSONEV, T. Plant response to drought, acclimation, and stress tolerance. **Photosynthetica**, v.38, p.171-186, 2000.